

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-357739

(43)Date of publication of application : 26.12.2001

(51)Int.Cl.

H01B 13/00  
 C23C 14/08  
 C23C 14/28  
 H01L 39/24  
 // H01B 12/06

(21)Application number : 2001-109012

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD  
 TOKYO ELECTRIC POWER CO INC:THE

(22)Date of filing : 28.03.1991

(72)Inventor : YOSHIDA NORIYUKI  
 OKUDA SHIGERU  
 TAKANO SATORU  
 HAYASHI NORIKATA  
 SATO KENICHI  
 SAKAMOTO MITSUMASA  
 HARA CHIKUSHI  
 OKANIWA KIYOSHI  
 YAMAMOTO TAKAHIKO

(30)Priority

Priority number : 02083188 Priority date : 29.03.1990 Priority country : JP  
 02083189 29.03.1990

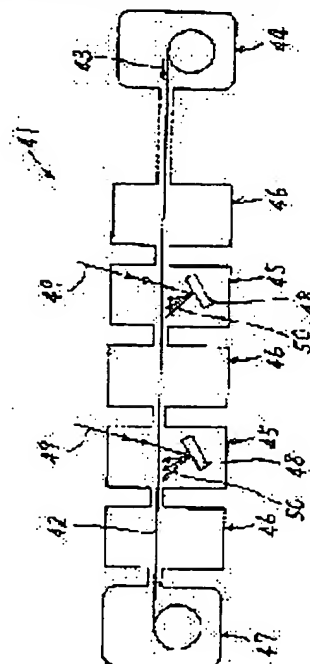
JP

## (54) MANUFACTURING METHOD AND DEVICE OF WIRE MATERIAL OF SUPERCONDUCTIVE OXIDE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable to sufficiently bring out superconductive characteristics which a thin film of superconductive oxide originally has, in the event of manufacturing a long wire material of superconductive oxide in which the thin film of superconductive oxide is formed on a substrate.

SOLUTION: The manufacturing method of the wire material of superconductive oxide has a process of radiating a laser beam on a target 48 and forming the thin film of superconductive oxide in a film forming room 45 in which particles scattered out from the target 48 are deposited on a long substrate 42 conveyed and supplied in a longitudinal direction, a process of heat-treating the substrate 42 in an oxygen atmosphere so that the temperature of the substrate 42 in the oxygen atmosphere is lower than that of the substrate 42 in the atmosphere wherein the thin film of superconductive oxide is formed by the substrate 42 on which the thin film of superconductive oxide formed is further conveyed and supplied in a longitudinal direction, and a process in which the substrate 42 heat-treated in the oxygen atmosphere is further conveyed and supplied in a longitudinal direction and in which the substrate 42 is conveyed to a substrate winding 47 to wind up the substrate 42.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.04.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 11.03.2003

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-357739

(P2001-357739A)

(43) 公開日 平成13年12月26日 (2001. 12. 26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト <sup>7</sup> (参考)
H 0 1 B 13/00	5 6 5	H 0 1 B 13/00	5 6 5 D 4 K 0 2 9
C 2 3 C 14/08		C 2 3 C 14/08	L 4 M 1 1 3
14/28		14/28	5 G 3 2 1
H 0 1 L 39/24	Z A A	H 0 1 L 39/24	Z A A B
// H 0 1 B 12/06		H 0 1 B 12/06	
審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 7 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-109012(P2001-109012)  
 (62) 分割の表示 特願平3-63645の分割  
 (22) 出願日 平成3年3月28日 (1991. 3. 28)  
 (31) 優先権主張番号 特願平2-83188  
 (32) 優先日 平成2年3月29日 (1990. 3. 29)  
 (33) 優先権主張国 日本 (J P)  
 (31) 優先権主張番号 特願平2-83189  
 (32) 優先日 平成2年3月29日 (1990. 3. 29)  
 (33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002130  
 住友電気工業株式会社  
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
 (71) 出願人 000003687  
 東京電力株式会社  
 東京都千代田区内幸町1丁目1番3号  
 (72) 発明者 霞田 典之  
 大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
 気工業株式会社大阪製作所内  
 (74) 代理人 100064746  
 弁理士 深見 久郎 (外2名)

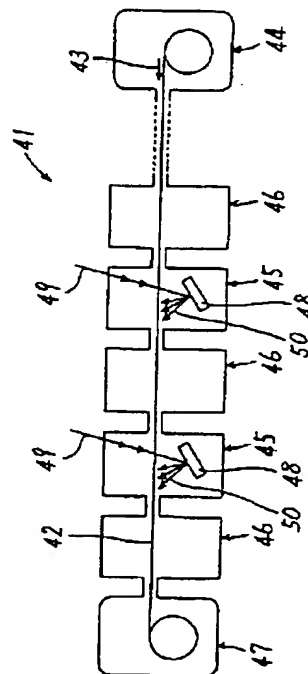
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 酸化物超電導線材の製造方法および装置

## (57) 【要約】

【課題】 基板上に酸化物超電導薄膜が形成されてなる長尺の酸化物超電導線材を製造するにあたって、酸化物超電導薄膜が本来有する超電導特性を十分に引出すことを可能とする。

【解決手段】 酸化物超電導線材の製造方法は、ターゲット48にレーザ光を照射し、ターゲット48から飛散した粒子を、長手方向に送給される長尺の基板42上に堆積させて成膜室45において酸化物超電導薄膜を形成する工程と、酸化物超電導薄膜が形成された基板42をさらに長手方向に送給することにより、酸素雰囲気中の基板42の温度が酸化物超電導薄膜を形成する雰囲気中の基板42の温度よりも低くなるように酸素雰囲気下で基板42を熟処理する工程と、酸素雰囲気下で熟処理された基板42をさらに長手方向に送給し、基板42を巻き取る基板巻取部47に基板42を搬送する工程とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 成膜室と、成膜室に後続して設けられた酸素導入室と、酸素導入室に後続して設けられた巻き取り室とを含む装置を用いた酸化物超電導線材の製造方法であって、

酸化物超電導物質の成分を含むターゲットにレーザ光を照射し、それによってターゲットから飛散した粒子を、長手方向に送給される長尺の基板上に堆積させて前記成膜室において酸化物超電導薄膜を形成する工程と、酸化物超電導薄膜が形成された基板をさらに長手方向に送給することにより基板を前記酸素導入室に搬送して、酸素雰囲気中の基板の温度が酸化物超電導薄膜を形成する雰囲気中の基板の温度よりも低くなるように酸素雰囲気下で基板を熱処理する工程と、酸素雰囲気下で熱処理された基板をさらに長手方向に送給し、基板を巻き取る前記巻き取り室に基板を搬送する工程とを備えた、酸化物超電導線材の製造方法。

【請求項 2】 成膜室と、成膜室に後続して設けられた酸素導入室と、酸素導入室に後続して設けられた巻き取り室とを含む装置を用いた酸化物超電導線材の製造方法であって、

酸化物超電導物質の成分を含むターゲットにレーザ光を照射し、それによってターゲットから飛散した粒子を、長手方向に送給される長尺の基板上に堆積させて前記成膜室において酸化物超電導薄膜を形成する工程と、酸化物超電導薄膜が形成された基板をさらに長手方向に送給することにより基板を前記酸素導入室に搬送して、酸素雰囲気中の基板の温度が酸化物超電導薄膜を形成する雰囲気中の基板の温度よりも低くなるように、かつ酸素雰囲気において、基板に対して、下流側の温度がその上流側の温度より低い温度分布が与えられるように酸素雰囲気下で基板を熱処理する工程と、酸素雰囲気下で熱処理された基板をさらに長手方向に送給し、基板を巻き取る前記巻き取り室に基板を搬送する工程とを備えた、酸化物超電導線材の製造方法。

【請求項 3】 長手方向に送給される長尺の基板に、レーザアブレーションにより酸化物超電導薄膜を形成する成膜室と、

前記成膜室に後続して設けられ、前記成膜室を出た基板が連続的に導入されて基板の温度が前記成膜室内の基板の温度よりも低くなるように酸素雰囲気下で基板を熱処理する酸素導入室と、

前記酸素導入室に後続して設けられ、前記酸素導入室を出た基板が導入されて巻き取られる巻き取り室とを備えた、酸化物超電導線材の製造装置。

【請求項 4】 長手方向に送給される長尺の基板に、レーザアブレーションにより酸化物超電導薄膜を形成する成膜室と、

前記成膜室に後続して設けられ、前記成膜室を出た基板が連続的に導入されて基板の温度が前記成膜室内の基板

の温度よりも低くなるように、かつ基板に対して下流側の温度がその上流側の温度よりも低い温度分布が与えられるように酸素雰囲気下で基板を熱処理する酸素導入室と、

前記酸素導入室に後続して設けられ、前記酸素導入室を出た基板が導入されて巻き取られる巻き取り室とを備えた、酸化物超電導線材の製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、酸化物超電導線材の製造方法および装置に関するもので、特に長尺の基材上に、レーザアブレーションにより酸化物超電導薄膜の成膜を行なう、酸化物超電導線材の製造方法および装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 レーザアブレーション法では、ターゲットにレーザ光を照射し、それによってターゲットから飛散した粒子を基板上に堆積させることによって、基板上に薄膜が成膜される。

【0003】 このようなレーザアブレーション法は、低温でかつ高速の成膜が可能である等の利点を有しており、近年、酸化物超電導薄膜の成膜方法として注目されつつある。特に、適当な可撓性を有する長尺の基板を用いた場合には、長尺の酸化物超電導線材の製造が可能となる。

【0004】 図 5 には、レーザアブレーション法を用いる従来の酸化物超電導線材の製造装置 1 が示されている。装置 1 は、基板供給部 2 および基板巻取部 3 を備え、これら基板供給部 2 と基板巻取部 3 との間には、成膜室 4 が配置される。好ましくは、基板供給部 2、基板巻取部 3 および成膜室 4 は、ともに、閉じられた空間または実質的に閉じられた空間を形成するようにされる。

【0005】 基板供給部 2 から矢印 5 で示すように引き出された可撓性かつ長尺の基板 6 は、成膜室 4 を通った後、基板巻取部 3 において巻き取られる。

【0006】 より詳細には、基板供給部 2 から引き出された基板 6 に対して、成膜室 4 内において、レーザアブレーションにより酸化物超電導薄膜の成膜が行なわれる。成膜室 4 内には、基板 6 と対向するようにターゲット 7 が配置され、このターゲット 7 には、成膜室 4 の外部からレーザ光 8 が照射される。ターゲット 7 は、酸化物超電導物質の成分を含んでいる。レーザ光 8 が照射されたターゲット 7 からは、矢印 9 で示すように、ターゲット 7 を構成する物質からなる粒子が飛散し、これらの粒子は、基板 6 上に、酸化物超電導薄膜を形成するように、堆積する。酸化物超電導薄膜が成膜された基板 6 は、基板巻取部 3 において巻き取られる。

【0007】 基板巻取部 3 において巻き取られた、酸化物超電導薄膜が形成された基板 6 は、次いで、基板巻取部 3 から取り出され、熱処理炉において、酸素雰囲気中

での熱処理を施される。これによって、長尺の基板に酸化物超電導薄膜が形成された、酸化物超電導線材が得られる。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 上述したような従来の装置 1 によれば、基板 6 上に酸化物超電導薄膜の成膜を行なった後、この装置 1 とは別の熱処理炉において熱処理を行なわなければならないので、酸化物超電導線材の生産性はそれほど高くない。

【0009】 また、上述した工程を採用すると、酸化物超電導薄膜が本来有する超電導特性を十分に引出せないという問題に遭遇することがあった。たとえば、実験室において、長尺でない基板を真空チャンバ内に配置し、この真空チャンバ内で基板上に酸化物超電導薄膜をレーザアブレーションにより形成し、引き続いて同じ真空チャンバ内に酸素を導入してから、室温まで徐冷した場合において得られる酸化物超電導薄膜が有する臨界温度や臨界電流密度のような超電導特性は、上述したような装置 1 を用いて成膜した後、別の熱処理炉で熱処理した場合には、得られないことがあった。

【0010】 そこで、この発明は、上述したような問題を解決し、酸化物超電導薄膜が本来有する超電導特性を十分に引出すことができる、酸化物超電導線材の製造方法および装置を提供しようとするのである。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】 この発明は、酸化物超電導薄膜の成膜後において、このような酸化物超電導薄膜および基板の温度を、一旦、室温にまで下げると、その後、酸素雰囲気中でたとえ熱処理を行なったとしても、超電導薄膜が本来有する超電導特性をもはや得ることができない、という知見に基づき、なされたものである。この発明によれば、上述のような知見に基づき、長尺の基板が用いられる酸化物超電導線材の製造に適した方法および装置が提供される。

【0012】 この発明の一つの局面に従った酸化物超電導線材の製造方法は、成膜室と、成膜室に後続して設けられた酸素導入室と、酸素導入室に後続して設けられた巻き取り室とを含む装置を用いて行われる。この方法は、酸化物超電導物質の成分を含むターゲットにレーザ光を照射し、それによってターゲットから飛散した粒子を、長手方向に送給される長尺の基板上に堆積させて成膜室において酸化物超電導薄膜を形成する工程と、酸化物超電導薄膜が形成された基板をさらに長手方向に送給することにより基板を酸素導入室に搬送して、酸素雰囲気中の基板の温度が酸化物超電導薄膜を形成する雰囲気中の基板の温度よりも低くなるように酸素雰囲気下で基板を熱処理する工程と、酸素雰囲気中で熱処理された基板をさらに長手方向に送給し、基板を巻き取る巻き取り室に基板を搬送する工程とを備える。

【0013】 この発明の別の局面に従った酸化物超電導

線材の製造方法は、成膜室と、成膜室に後続して設けられた酸素導入室と、酸素導入室に後続して設けられた巻き取り室とを含む装置を用いて行われる。この方法は、酸化物超電導物質の成分を含むターゲットにレーザ光を照射し、それによってターゲットから飛散した粒子を、長手方向に送給される長尺の基板上に堆積させて成膜室において酸化物超電導薄膜を形成する工程と、酸化物超電導薄膜が形成された基板をさらに長手方向に送給することにより基板を酸素導入室に搬送して、酸素雰囲気中の基板の温度が酸化物超電導薄膜を形成する雰囲気中の基板の温度よりも低くなるように、かつ酸素雰囲気において、基板に対して、下流側の温度がその上流側の温度より低い温度分布が与えられるように酸素雰囲気下で基板を熱処理する工程と、酸素雰囲気中で熱処理された基板をさらに長手方向に送給し、基板を巻き取る巻き取り室に基板を搬送する工程とを備える。

【0014】 この発明の一つの局面に従った酸化物超電導線材の製造装置は、長手方向に送給される長尺の基板に、レーザアブレーションにより酸化物超電導薄膜を形成する成膜室と、成膜室に後続して設けられ、成膜室を出た基板が連続的に導入されて基板の温度が成膜室内の基板の温度よりも低くなるように酸素雰囲気下で基板を熱処理する酸素導入室と、酸素導入室に後続して設けられ、酸素導入室を出た基板が導入されて巻き取られる巻き取り室とを備える。

【0015】 この発明の別の局面に従った酸化物超電導線材の製造装置は、長手方向に送給される長尺の基板に、レーザアブレーションにより酸化物超電導薄膜を形成する成膜室と、成膜室に後続して設けられ、成膜室を出た基板が連続的に導入されて基板の温度が成膜室内の基板の温度よりも低くなるように、かつ基板に対して、下流側の温度がその上流側の温度よりも低い温度分布が与えられるように酸素雰囲気下で基板を熱処理する酸素導入室と、酸素導入室に後続して設けられ、酸素導入室を出た基板が導入されて巻き取られる巻き取り室とを備える。

【0016】 この発明は、まず、酸化物超電導物質の成分を含むターゲットにレーザ光を照射し、それによってターゲットから飛散した粒子を、長尺の基板上に酸化物超電導薄膜を形成するように、堆積させる、レーザアブレーションを用いる酸化物超電導線材の製造方法に向けられるものであって、上述した技術的課題を解決するため、前記長尺の基板をその長手方向に送給し、その一連の送給過程において、前記酸化物超電導薄膜の形成を長尺の基板の長手方向にわたって行なうとともに、引き続いて、前記酸化物超電導薄膜が形成された前記基板を酸素雰囲気下にもたらしことを特徴とするものである。

【0017】 この発明は、また、長手方向に送給される長尺の基板に対して酸化物超電導薄膜の成膜をレーザアブレーションにより行なうための成膜室を備える、酸化

物超電導線材の製造装置にも向けられるものであって、上述した技術的課題を解決するため、酸素導入室が前記成膜室に後続して設けられ、この成膜室を出た基板が連続的に酸素導入室に導入されるようにしたことを特徴とするものである。

#### 【0018】

【作用】この発明では、成膜室において酸化物超電導薄膜が成膜された基板は、外部の雰囲気を実質的にさらされることなく、連続的に酸素導入室または酸素雰囲気下にもたらされる。

#### 【0019】

【発明の効果】したがって、この発明によれば、成膜室から出た基板およびその上に形成された酸化物超電導薄膜が、その温度を室温にまで下げることなく、酸素導入室または酸素雰囲気中に導入されることができる。それゆえに、超電導薄膜が本来有する超電導特性を損なうことなく、高い臨界温度および高い臨界電流密度を示す酸化物超電導線材を得ることができる。

【0020】また、酸化物超電導薄膜の成膜と酸素導入とが、それぞれ、長尺の基板の一連の送給過程において連続的に行なわれるので、酸化物超電導線材の製造を連続的にかつ高速で行なうことができる。

【0021】成膜室およびこれに後続する酸素導入室が複数組設けられた場合には、所定の厚みの酸化物超電導薄膜を得ることを、複数組の成膜室および酸素導入室に分担させることができるので、酸化物超電導線材の製造をより高速化することができる。

【0022】また、酸素導入室内の基板の温度を成膜室内の基板の温度以下とすれば、酸素導入処理を行なっている間に、基板と酸化物超電導薄膜との間で生じ得る拡散反応を防止することができる。

【0023】また、酸素導入室または酸素雰囲気中において、基板に対して、その下流側の温度がその上流側の温度より低い温度分布を与えるようにすれば、基板は急冷されることなく、基板には徐冷の効果が与えられる。このことも、超電導体薄膜が本来有する超電導特性を損わせないようにするのに効果的である。

#### 【0024】

【実施例】図1には、この発明の一実施例による酸化物超電導線材の製造装置41が示されている。

【0025】長尺の可撓性を有する基板42は、矢印43で示すように、基板供給部44から引出され、複数組の成膜室45およびこれら各々に後続する酸素導入室46を通った後、基板巻取部47において巻取られる。なお、成膜室45および酸素導入室46の各々のいくつかは、図1において図示が省略されている。また、成膜室45および酸素導入室46は、単に1組のみが設けられても、また、複数組設けられてもよい。いずれにしても、成膜室45の後には、必ず、酸素導入室46が設けられる。この実施例では、すべては図示されていない

が、10組の成膜室45および酸素導入室46が設けられている。

【0026】各成膜室45内には、ターゲット48がそれぞれ配置される。各ターゲット48には、それぞれ、レーザ光49が照射され、それによって、矢印50で示すように、ターゲット48から飛散した粒子は、酸化物超電導薄膜を形成するように、基板42上に堆積される。

【0027】この実施例において、基板供給部44から成膜室45および酸素導入室46を経て基板巻取部47に至るまで、閉じられた空間または実質的に閉じられた空間を形成している。しかしながら、一般には、成膜室45に与えられる圧力は、酸素導入室46に与えられる圧力よりも低い。このような成膜室45と酸素導入室46との間での圧力差を許容するため、成膜室45と酸素導入室46の間には、周知のように、差動排気室(図示せず)を設けることが好ましい。

【0028】成膜室45および酸素導入室46内にある基板42は、通常、たとえば500～600℃程度の温度にまで加熱される。このような加熱は、成膜室45においては、ヒータを基板42に向けて設けたり、酸素導入室46においては、その内部雰囲気全体を加熱したりすることによって達成されることもできるが、基板42として、導電性の金属からなるものを用いた場合には、基板42自身を通電加熱してもよい。

【0029】図2には、この発明の他の実施例による酸化物超電導線材の製造装置11が示されている。

【0030】長尺の可撓性を有する基板12は、矢印13で示すように、基板供給部14から引き出され、成膜室15およびこれに後続する酸素導入室16を通った後、基板巻取部17において巻き取られる。なお、成膜室15および酸素導入室16は、図示したように単に1組のみが設けられても、また、複数組設けられてもよい。

【0031】成膜室15内には、酸化物超電導物質の成分を含むターゲット18が配置される。ターゲット18には、レーザ光19が照射され、それによって、矢印20で示すように、ターゲット18から飛散した粒子は、酸化物超電導薄膜を形成するように、基板12上に堆積される。

【0032】この実施例において、基板供給部14から成膜室15および酸素導入室16を経て基板巻取部17に至るまで、閉じられた空間または実質的に閉じられた空間を形成している。しかしながら、一般には、成膜室15に与えられる圧力は、酸素導入室16に与えられる圧力よりも低い。このような成膜室15と酸素導入室16との間での圧力差を許容するため、成膜室15と酸素導入室16の間には、周知のように、差動排気室(図示せず)を設けることが好ましい。

【0033】成膜室15内にある基板12は、通常、た

例えば500～700℃程度の温度にまで加熱される。このような加熱は、たとえば赤外線ヒータ21からの熱放射により行なわれる。

【0034】また、酸素導入室16内にある基板12に対しても、加熱が行われる。この加熱は、基板12に対して、その下流側がその上流側の温度より低い温度分布を与えるようにされ、たとえば、複数個の赤外線ヒータ22a, 22b, 22c, 22d, 22eが、基板12の長手方向に配列される。このとき、赤外線ヒータ22a～22eのうち、基板12の上流側にある赤外線ヒータ22aが最も高い温度を与え、下流側にある赤外線ヒータ22eが最も低い温度を与えるようにされる。たとえば、赤外線ヒータ22a付近では、700℃であり、赤外線ヒータ22e付近では200℃の温度が与えられ、このような温度差が、酸素導入室16において基板12の上流側から下流側に向かう負の温度勾配によって吸収されるようにされている。

【0035】なお、上述のような成膜室15および酸素導入室16における加熱は、基板12として導電性の金属からなるものを用いた場合には、基板12自身を通电加熱することによって達成されるようにしてもよい。

【0036】以下に、この発明に従って行なった実験例について説明する。

#### 実験例1

図1に示すように、10組の成膜室45および酸素導入室46を備える装置41を用いて、酸化物超電導線材の製造を試みた。

【0037】各成膜室45において、 $Y_1Ba_2Cu_3O_y$  からなるターゲット48に、KrFによるエキシマレーザ光49を照射し、MgO(100)単結晶からなるテープ状の基板42上に、酸化物超電導薄膜を成膜した。成膜条件は、基板温度が600℃、成膜室45の酸素圧力が200mTorr、基板42とターゲット48との間の距離が50mm、レーザ光49のエネルギー密度が2J/cm<sup>2</sup>、レーザ光49の繰返し周波数が5Hzとした。

【0038】また、各酸素導入室46において、酸素圧力を1気圧とした。また、酸素導入室46内の温度を550℃とし、成膜室45から後続する酸素導入室46に至るまでの間、基板42の温度が550℃より下がないようにした。

【0039】基板43の送給速度を20mm/分としたとき、基板巻取部47において巻取られた酸化物超電導線材の酸化物超電導薄膜の厚みが5000オングストロームとなり、このような酸化物超電導線材の臨界温度および液体窒素中での臨界電流密度を測定すると、それぞれ、88Kおよび $2 \times 10^6$  A/cm<sup>2</sup>であった。

【0040】比較例として、図5に示した装置1を用いて、酸化物超電導線材の製造を試みた。

【0041】使用する基板6および成膜室4での成膜条

件は、上述した実施例と同様とした。基板巻取部3において巻取られる基板6上に厚さ5000オングストロームの酸化物超電導薄膜を得るため、基板6の送給速度を2mm/分とした。

【0042】このように、単に成膜室4において成膜されただけの酸化物超電導薄膜の臨界温度は、70Kであった。なお、臨界電流密度については、臨界温度が液体窒素温度(77.3K)より低かったため、測定しなかった。

10 【0043】上述のように、成膜室4において、酸化物超電導薄膜が形成された基板6を、次いで、熱処理炉に入れ、酸素1気圧中において600℃で1時間保持する熱処理を施した。

【0044】得られた酸化物超電導線材の臨界温度および臨界電流密度を測定したところ、それぞれ、83Kおよび $4 \times 10^4$  A/cm<sup>2</sup>であった。

【0045】なお、図1に示した実施例では、各成膜室45のそれぞれの後には、必ず、酸素導入室46が設けられたが、基板巻取部47の直前の段階において少なくとも酸素導入室46が配置されていればよく、それより前の段階においては、2つ以上の成膜室45が連続して配置されていてもよい。

#### 【0046】実験例2

図2に示した製造装置11を用いて、酸化物超電導線材の製造を試みた。

30 【0047】成膜室15において、 $Y_1Ba_2Cu_3O_y$  からなるターゲット18に、KrFによるエキシマレーザ光19を照射し、MgO(100)単結晶からなるテープ状の基板12上に、酸化物超電導薄膜を成膜した。成膜条件は、成膜室15の酸素圧力が200mTorr、基板12とターゲット18との距離が50mm、レーザ光19のエネルギー密度が2J/cm<sup>2</sup>、レーザ光19の繰返し周波数が5Hzとした。

【0048】また、酸素導入室16において、酸素圧力を1気圧とした。基板12に与えられる温度に関して、成膜室15では、700℃に保持し、酸素導入室16においては、図3に示すように、その上流側において700℃とし、その下流側において200℃とし、それら上流側と下流側との間において直線状の温度勾配が与えられるようにした。また、基板12が酸素導入室16を通過するのに、1時間かかるように設定した。

【0049】このようにして、基板巻取部17において巻き取られた酸化物超電導線材について、臨界温度を測定すると、86Kであり、77.3Kでの臨界電流密度を測定すると、 $5.0 \times 10^5$  A/cm<sup>2</sup>であった。

【0050】なお、上述の実験例では、基板12が酸素導入室16を通過するのに、1時間かかるように設定したが、このような通過時間は、少なくとも5分、好ましくは10分以上であることがわかった。

50 【0051】比較例として、図4に示すような製造装置

31を用いて、酸化物超電導線材の製造を試みた。

【0052】図4において、酸素導入室32が、単に1個の赤外線ヒータ33を備え、徐冷の効果を生かせないものとした。その他の構成は、図2に示した装置11の場合と同様であるので、相当の部分には、同様の参照番号を付し、重複する説明は省略する。なお、図4に示した装置31は、比較例としたが、これ自身は、この発明の範囲内のものであることを指摘しておく。

【0053】また、この比較例の実験条件は、上述した図2に示した装置11を用いての実験条件と、以下に指摘する点を除いて、同様である。

【0054】酸素導入室32においては、基板12が600℃の温度に保持されるようにした。

【0055】得られた酸化物超電導線材は、臨界温度を測定すると、73Kであった。それゆえに、臨界電流密度は、77.3Kでの測定であるため、これを測定しなかった。

#### 【0056】実験例3

図2に示した製造装置11を用いて、酸化物超電導線材の製造を試みた。

【0057】テープ状の基板12としてイットリア安定化ジルコニアを用いたことを除いて、実験例2と同様の成膜条件を採用した。

【0058】得られた酸化物超電導線材の長さ5mにわたる特性は、臨界温度が88Kであり、77.3Kでの臨界電流密度が $1.2 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ であった。

【0059】また、長さ10cmごとの特性のばらつきを調べたところ、臨界温度に関しては88～89Kの範囲でほぼ均一であり、臨界電流密度に関しては $1.2 \times 10^4 \sim 1.4 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ の範囲でほぼ均一と

#### 【0060】実験例4

図4に示した製造装置31を用いて、酸化物超電導線材の製造を試みた。

【0061】酸素導入室32内において、基板12が500℃で1時間保持されるようにしたことを除いて、実験例2の比較例と同じ成膜条件を採用した。

【0062】得られた酸化物超電導線材の長さ5mにわたる特性は、臨界温度が84Kであり、77.3Kにおける臨界電流密度が $8 \times 10^3 \text{ A/cm}^2$ であった。

【0063】長さ10cmごとの特性のばらつきを調べたところ、臨界温度に関しては82～84Kの範囲、臨界電流密度に関しては $8 \times 10^3 \sim 9 \times 10^3 \text{ A/cm}^2$ の範囲にそれぞれ収まっていた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施例による酸化物超電導線材の製造装置41を示す説明図である。

【図2】 この発明の他の実施例による酸化物超電導線材の製造装置11を示す説明図である。

【図3】 この発明に従って行なった実験例において採用された酸素導入室16における温度分布を示す図である。

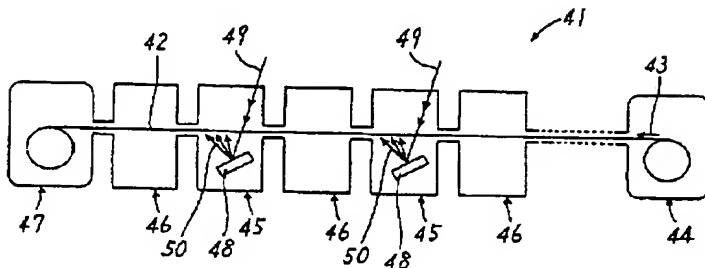
【図4】 図2に示した実施例の比較実験において用いた酸化物超電導線材の製造装置31を示す説明図である。

【図5】 従来の酸化物超電導線材の製造装置1を示す説明図である。

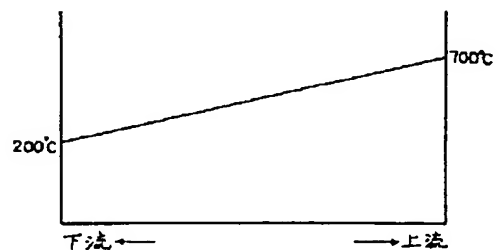
#### 【符号の説明】

11, 31, 41 製造装置、12, 42 基板、14, 44 基板供給部、15, 45 成膜室、16, 32, 46 酸素導入室、17, 47 基板巻取部、18, 48 ターゲット、19, 49 レーザ光、21, 22a～22e, 33 赤外線ヒータ。

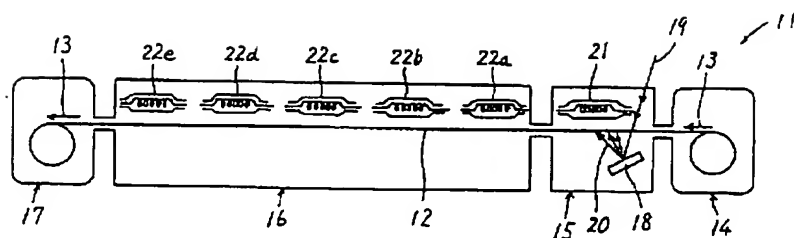
【図1】



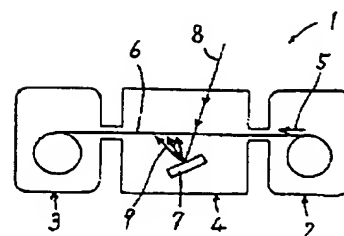
【図3】



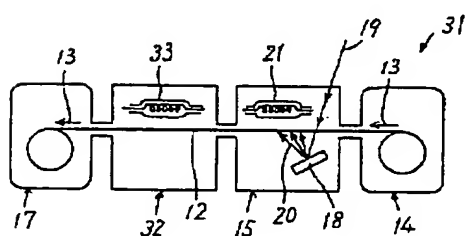
【図 2】



【図 5】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 奥田 繁  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 高野 悟  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 林 憲器  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 佐藤 謙一  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 坂本 光正  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内

- (72)発明者 原 築志  
東京都調布市西つつじヶ丘2丁目4番1号  
東京電力株式会社内
- (72)発明者 岡庭 潔  
東京都調布市西つつじヶ丘2丁目4番1号  
東京電力株式会社内
- (72)発明者 山本 隆彦  
東京都調布市西つつじヶ丘2丁目4番1号  
東京電力株式会社内
- Fターム(参考) 4K029 AA04 AA25 BA50 BC04 CA02  
DB20 JA10 KA03  
4M113 AD37 AD39 BA04 BA29 CA34  
CA44  
5G321 AA04 BA01 CA21 DA12 DB37  
DB46